

# Método científico e ensino de Ciências

BOLETIM 12  
Agosto 2006



Secretaria  
de Educação  
a Distância

Ministério da  
Educação

## SUMÁRIO

### **PROPOSTA PEDAGÓGICA**

MÉTODO CIENTÍFICO E ENSINO DE CIÊNCIAS .....	03
Leopoldo de Meis	

### **PGM 1**

OS DESAFIOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	13
Leopoldo de Meis	

### **PGM 2**

AS DIVERSAS VISÕES DA MATEMÁTICA .....	18
Valdenberg Araújo da Silva	

### **PGM 3**

INTERAÇÃO ENTRE CIENTISTAS E ESCOLAS .....	26
E. W. Hamburger	

### **PGM 4**

INTERAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADE E ESCOLAS .....	34
João Batista Teixeira Rocha, Cristovam Wanderley Picanço Diniz e Paulo Sérgio Lacerda Beirão	

### **PGM 5**

ARTE E CIÊNCIA .....	39
Diucênio Afonso do Carmo Rangel	

## MÉTODO CIENTÍFICO E ENSINO DE CIÊNCIAS

*O método científico, a explosão do saber e as dificuldades do ensino de Ciências. A distribuição assimétrica do saber no planeta; a superespecialização.*

*Leopoldo de Meis <sup>1</sup>*

### **O desequilíbrio tecnológico**

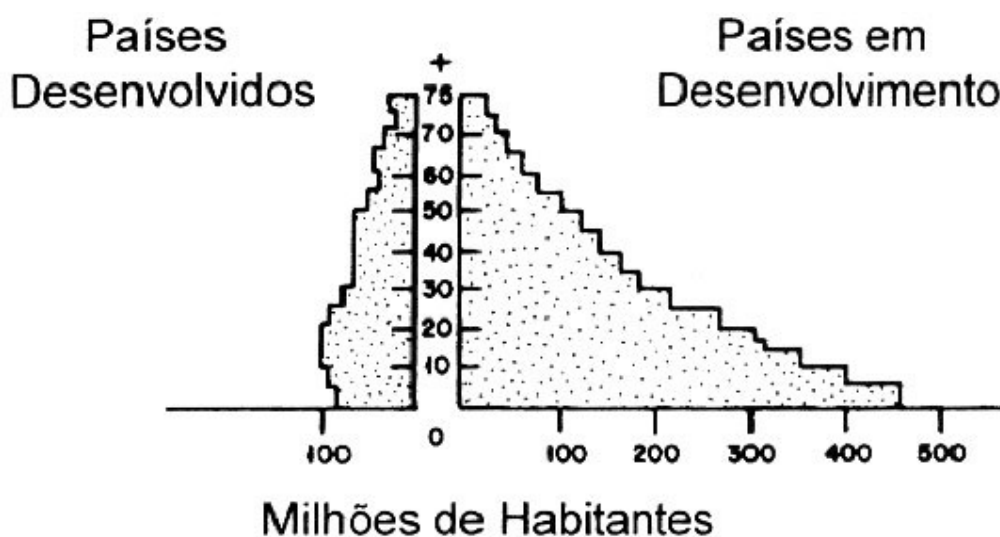
Os países que geraram a revolução científica continuam sendo responsáveis pela maior parte das novas descobertas feitas a cada ano. Entre estes, Estados Unidos, Inglaterra, Japão, França, Alemanha, Rússia, Canadá e Itália ocupam lugar de destaque. Cerca de 70% dos novos trabalhos científicos publicados anualmente se originam desses países. Esses oito países representam somente 15% da população mundial. O resto do planeta, 85% da população mundial, produz em conjunto somente 25 a 30% do novo saber gerado a cada ano. Há, portanto, uma dicotomia entre as populações do mundo, um pequeno grupo que produz conhecimento, de um lado, e uma grande maioria que consome conhecimento, do outro. Consumimos produtos derivados de novos conhecimentos quando compramos novos medicamentos, utilizamos as telecomunicações, as informações de satélites artificiais necessárias para a meteorologia, a climatologia, etc. Os países com maior desenvolvimento científico e econômico aprenderam a controlar o crescimento de suas populações e, como resultado, somente 10% de todos os jovens de 0 a 24 anos vivem nos países desenvolvidos e 90% dos jovens vivem em países em vias de desenvolvimento (Ver Figuras 1 e 2). O grande desafio para a educação da ciência no planeta é portanto que:

“Os países de menor desenvolvimento científico são os responsáveis pela educação da maior parcela de jovens do planeta.”

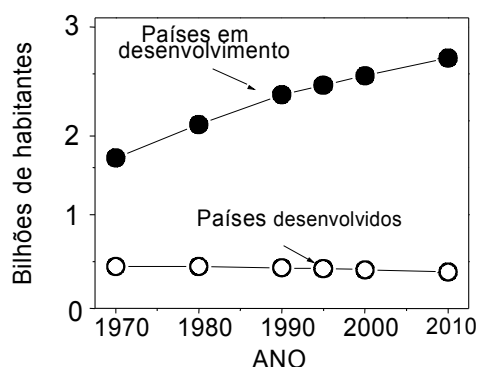
O cotidiano da nova era tecnológica requer dos jovens que entram no mercado de trabalho uma formação científica e tecnológica cada vez maior. Portanto, se não vencermos este desafio, o poço existente entre os países desenvolvidos e os países em vias de desenvolvimento vai se acentuar cada vez mais.

**Figura 1**

**Distribuição assimétrica dos jovens no planeta**



**Figura 2**  
**O crescimento das populações dos países em vias de desenvolvimento**



A ciência brasileira aumentou de forma exponencial após a criação da pós-graduação. No período de 1970 a 1975, representava cerca de 0,1% do total da ciência mundial. A partir dos anos 80, cresceu de forma exponencial e, atualmente, a ciência brasileira já representa 1,5% da ciência mundial. O mérito maior deste crescimento está associado aos programas de pós-graduação qualificados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Além de participarem na pesquisa, os estudantes de pós-graduação têm contribuído de forma decisiva no ensino não só universitário, mas também ao nível das escolas.

## O ensino e o excesso de informações

As primeiras escolas de que se tem registro foram fundadas por Platão em 387 a.C. e por Aristóteles em 335 a.C., ambas em Atenas. A escola de Platão chamou-se Academia, porque estava situada na propriedade de um grego famoso chamado “Academos”. A de Aristóteles foi chamada de Liceu, porque o edifício que ocupava fora dedicado a “Apolo Liceu”, deus dos pastores. Aristóteles transmitia conhecimentos a seus discípulos em preleções semelhantes às aulas dos tempos modernos. Segundo se acredita, as apresentações de Aristóteles foram copiadas em 150 volumes. A maior parte desta obra se perdeu, mas 50 volumes foram encontrados em 80 a.C. em uma fossa na Ásia Menor, por soldados romanos do general Lucius Cornelius Sulla. Os volumes foram levados para Roma e copiados. A obra era uma espécie de enciclopédia, que continha todo o conhecimento disponível na época, incluindo os pensamentos e observações originais do próprio Aristóteles. A quantidade de informações contida em cada volume é muito menor do que a de um pequeno compêndio moderno – na realidade, os volumes se assemelham a cadernos de notas de nossos alunos atuais. O curso de Aristóteles durava poucos anos, talvez de dois a quatro, e nesse período os alunos aprendiam tudo o que se sabia na época.

No início da Revolução Científica, o conhecimento enciclopédico era muito maior do que o disponível na Grécia antiga, mas o volume de informações técnico-científicas registrado era pequeno. A maior parte do conhecimento podia ser assimilada por uma só pessoa, sem maiores dificuldades. No século XVIII, a biblioteca da Universidade de Oxford era considerada uma das mais completas do mundo ocidental. Entre os muitos livros disponíveis, havia um pequeno acervo de aproximadamente 200 volumes dedicados à filosofia experimental, nome genérico dado às diversas áreas da nova ciência surgida após a descrição do método. O número de páginas de cada um destes volumes era também muito inferior ao dos tratados modernos de ciência. Se um professor de Oxford desejasse, naquela época, atualizar seus conhecimentos científicos e se dedicasse à leitura durante oito horas diárias, descansando aos sábados e domingos, em um ano teria lido toda a seção de filosofia experimental. Poderia dispor de todo o conhecimento científico da biblioteca, sem se preocupar com novas publicações, uma vez que o ritmo de produção do saber era muito lento

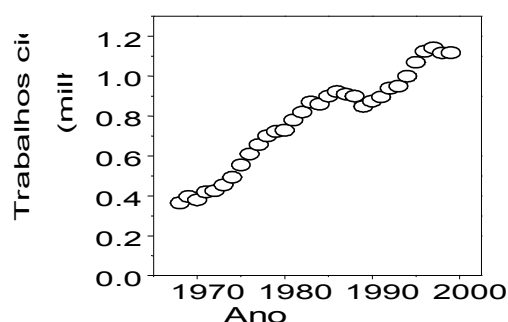
e seriam necessários diversos anos para que houvesse um aumento significativo do número de volumes que deveria ser lido. Os professores dos séculos XVIII e XIX eram, portanto, capazes de ensinar Química, Biologia, Matemática, Física e diversas outras matérias com segurança e, em relação à sua época, eram homens cultos, com uma visão multidisciplinar do conhecimento. O conde Buffon, que no século XVIII descreveu o vitiligo, além de médico era também biólogo e matemático. René Descartes não só descreveu o método científico, lançando as bases da filosofia moderna, como também ficou conhecido por suas contribuições à matemática e à anatomia. Naquela época, o tempo de estudo necessário para se formar um profissional desde o início dos estudos na escola até a universidade era algo entre 4 e 6 anos. Atualmente, entre escola básica, universidade e pós-graduação, são necessários de 22 a 26 anos de estudo para formar-se um profissional qualificado para o mercado de trabalho. De forma bem diferente das épocas passadas, o profissional moderno está longe de ser um generalista. É, via de regra, um especialista treinado em um aspecto específico de uma determinada área do saber. O número de cientistas e professores universitários trabalhando hoje em dia no planeta é mil vezes maior do que há cerca de 200 anos. Apesar deste grande aumento, são extremamente raros os cientistas que se distinguem por suas contribuições a diversas áreas do saber, como às ciências sociais e às ciências exatas, como, por exemplo, Descartes.

### **A superespecialização**

É impossível dominar mais de uma área do conhecimento e manter-se atualizado em cada uma delas nos tempos modernos. A quantidade maciça de novos conhecimentos gerada a cada ano nos obriga à superespecialização acadêmica. O número de trabalhos científicos publicado pelas revistas técnicas catalogadas cresce ano a ano (ver Fig. 3) e entre os anos de 1968 e 2000 triplicou, de 364.725 para 1.176.332 trabalhos (Fig. 3). Se levarmos em conta as demais revistas não catalogadas, em 2000 o número de publicações sobe para mais de 20 milhões. Se tomarmos a Bioquímica como exemplo, verificamos que há 151 revistas indexadas pelo ISI que, segundo dados de 2000, publicam cerca de 80.000 artigos por ano. A revista oficial da Sociedade Americana de Bioquímica e Biologia Molecular, *The Journal of Biological Chemistry*, é uma das principais revistas na especialidade. Somente esta revista publica entre

500 e 600 artigos por mês (Fig. 4). Se um professor de Bioquímica desejar atualizar seus conhecimentos e for capaz de ler um artigo por hora durante 12 horas por dia, todos os dias do ano, incluindo sábados e domingos, no fim do ano terá lido menos de 5% do que se publicou em Bioquímica no período. Durante este ano, o professor não teria tempo para ministrar aulas, trabalhar em suas pesquisas, conviver com sua família ou exercer qualquer outra atividade além de ler, o que provavelmente resultaria na perda de sua posição universitária (poderia ser demitido), e sua família provavelmente iria acusá-lo de negligência. E, o que é mais grave, se desejar continuar no seu esforço acadêmico de se atualizar em Bioquímica, deverá ler os 95% dos artigos do ano anterior que não conseguiu ler, mais um volume igual correspondente aos novos artigos publicados no segundo ano de leitura. Jamais poderá atualizar-se, e muito antes perderá sua sanidade mental, pois não é possível manter tal ritmo de leitura por muito tempo.

**Figura 3**  
**O crescimento da ciência mundial**





**Figura 4**

**Comparação entre um livro texto de Bioquímica e os exemplares publicados em um ano por uma revista de Bioquímica americana**

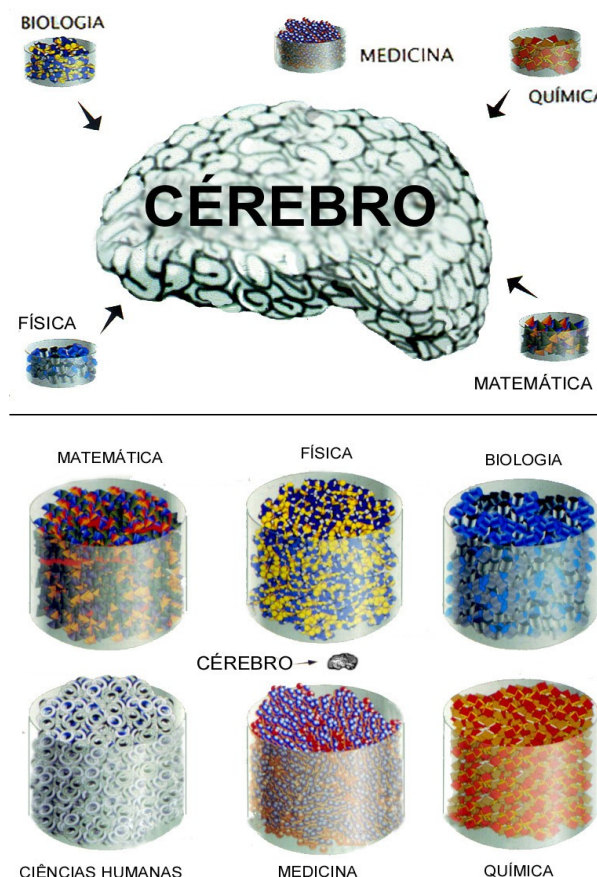


O crescente descompasso entre a capacidade de absorver informações e o crescimento do conhecimento está representado na Figura 5. Até o século XVIII, era possível assimilar o que se sabia nas diversas áreas da ciência (Figura 5a), mas hoje em dia tornou-se humanamente impossível assimilar tudo o que se sabe (Figura 5b). Para manter uma atividade profissional produtiva, o professor universitário moderno poderá manter-se atualizado somente sobre um tópico muito particular de sua especialidade. Poderá dedicar uma ou duas horas de sua jornada de trabalho à leitura e se limitar a uma fração muito pequena do que se publica, para que lhe reste tempo para as demais tarefas acadêmicas. A superespecialização lhe permitirá conhecer os conceitos publicados nos últimos dois ou três anos sobre a Bioquímica geral e, ainda, poderá ter noções do que ocorreu nas últimas duas décadas. Seu conhecimento de Física se

limitará aos conceitos propostos por Sir Isaac Newton no século XVII. O que saberá de Matemática remontará ao princípio do milênio e seus filhos em casa provavelmente afirmarão que seus conhecimentos de ciências sociais remontam à idade da pedra. Portanto, o excesso de informações produzidas anualmente faz com que cada indivíduo tenha, para cada aspecto do saber, idades culturais distintas. Esta problemática se agrava enormemente quando passamos para a escola, onde é necessário ensinar conceitos que mudam a cada ano. Em uma escola ideal, a cada ano seria necessário estruturar um currículo novo, distinto do ano anterior, e isto é impraticável, principalmente se levarmos em conta os baixos salários dos professores do Ensino Fundamental e Médio, que obrigam o professor a ensinar mais de oito horas diárias para obter vencimentos mínimos para seu sustento. Neste regime de trabalho, é muito difícil conseguir que o professor acompanhe a evolução dos conceitos de ciência que ensina. Essas e outras questões relevantes estarão em debate na série.

**Figura 5**

**Correlação esquemática entre informações disponíveis e capacidade de absorção de informações pelo homem no início do século (a) e atualmente (b).**



**Temas que serão debatidos na série *Método científico e ensino de Ciências*, que será apresentada no programa Salto para o Futuro/TV Escola, de 21 a 25 de agosto de 2006:**

### **PGM 1 – Os desafios do ensino de Ciências**

O primeiro programa da série tem como enfoque o desequilíbrio tecnológico, isto é, a assimetria entre a quantidade de cientistas e o número de crianças e jovens que deve ser educado, nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A idéia é discutir não só o monopólio do conhecimento científico, mas também a inserção do País na discussão e na produção de saberes científicos bem como a transmissão desses conhecimentos. Também se pretende discutir a institucionalização da Ciência: a organização dos cientistas em institutos e unidades. A explosão de saberes: dificuldade de avaliar o número de trabalhos publicados, o número de contribuições científicas, etc. O avanço da ciência tem, como conseqüências, o excesso de informações, a explosão do saber, a superespecialização.

### **PGM 2 - As diversas visões da Matemática**

Neste segundo programa, pretende-se apresentar e debater essa área do conhecimento. O programa vai abordar a natureza e o trabalho do matemático, as novas áreas da aplicação da Matemática, bem como as relações entre a Matemática e as outras áreas do conhecimento, em especial a Arte.

### **PGM 3 – Interação entre cientistas e escolas**

O programa pretende abordar a mobilização do cientista na área de divulgação de conhecimentos e na área de educação. Como se dá a elaboração do material de divulgação científica e por quem ele é pensado? Como é a relação com as escolas? Que materiais são criados: revistas, gibis, etc.? Há uma pesquisa para verificar o interesse do público infanto-

juvenil sobre o fazer científico? Como se organiza o trabalho acerca da linguagem dirigida a esse público? Será apresentada e comentada uma das primeiras e mais conhecidas revistas de divulgação científica, a *Ciência Hoje*.

#### **PGM 4 – Interação entre universidade e escolas**

O quarto programa da série pretende discutir os avanços científicos e tecnológicos, gerados principalmente nos países desenvolvidos, que causaram profundas modificações na qualidade de vida das pessoas e na relação entre as nações. Contudo, a produção massiva de novos conhecimentos ainda é um desafio para a educação tradicional. No Brasil, as avaliações feitas pelo PISA (“Programme for International Student Assessment”) e pelo SAEB (Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica) comprovam as grandes dificuldades das crianças e dos jovens brasileiros em relação ao desempenho nas áreas de ciências.

#### **PGM 5 – Arte e Ciência**

O objetivo desse programa é mostrar o trabalho do laboratório, as produções em DVDs e livros. Pretende-se discutir a imagem estereotipada do cientista. Em pesquisas que foram realizadas com alunos de diversas etapas de escolaridade, o cientista é visto como um sujeito “lógico”, frio, que faz seu trabalho sem emoção, guiado apenas pela técnica e pelo protocolo estabelecido, pelo método e pela lógica. Já o artista é diferente, segue a emoção, o “instinto”, tem liberdade para “criar” e não obedece a leis nem a técnicas preestabelecidas. Mas como teria surgido esse estereótipo, se ambas as atividades são praticadas por seres humanos e, como todas as atividades humanas, são susceptíveis a emoções e a toda a sorte de enganos e dúvidas? Estes e outros temas estarão em discussão no quinto e último programa da série.

##### Nota:

Professor Titular de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Autor de *O método científico*, com ilustrações de Diucênio Rangel (Edição do Autor). Consultor desta série.

## OS DESAFIOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS

*O ensino de Ciências no mundo moderno; o conceito de “uma educação básica sólida” o descaso com a pesquisa em educação; o ensino e a arte de resumir.*

*Leopoldo de Meis <sup>1</sup>*

### O ensino de Ciências no mundo moderno

No Liceu fundado por Aristóteles, o ensino baseava-se em preleções ou aulas teóricas, aulas demonstrativas ou aulas práticas e, em casos especiais (filhos de nobres), ensino tutorial. Depois de 23 séculos, apesar da explosão do conhecimento, a forma como se ensina atualmente é muito semelhante àquela utilizada por Aristóteles. Nas escolas e universidades modernas, o conhecimento ainda é transmitido em aulas teóricas, práticas, e nos melhores centros, ensino tutorial. A ênfase principal desta forma de ensinar continua sendo no sentido de transmitir ao aluno o maior número possível de informações. Dentro desta perspectiva, espera-se que, ao completarem seus cursos universitários, os estudantes estejam a par dos conceitos atuais das suas respectivas áreas profissionais, como se a situação da Figura 5a (mostrada na proposta pedagógica) ainda fosse viável. Não sabemos ainda como preparar os estudantes de forma a torná-los capazes de lidar de forma eficiente não só com a grande quantidade de novas informações, mas também com as ramificações contínuas do saber que geram novos cursos nas universidades e novas profissões no mercado de trabalho.

No início do século XX, não era necessário frequentar a escola para se ter acesso às poucas faculdades disponíveis na época. A maior parte das crianças aprendia a ler, escrever e rudimentos de matemática em casa com seus pais ou com professores particulares. Nesta época, havia poucas escolas secundárias. No Brasil, o Colégio Pedro II era a única escola secundária que conferia o título de bacharel e que permitia a entrada direta ao ensino superior. Os demais jovens estudavam em casa e prestavam exames de suficiência, após o que tinham acesso ao ensino superior. Em contraste com os tempos modernos, no início do século XX

havia no Brasil somente três cursos superiores a escolher: Medicina, Engenharia e Direito. Havia ainda as escolas de Belas Artes, Arquitetura, Agricultura, Química e Odontologia, mas estes cursos assemelhavam-se aos cursos técnicos atuais e não tinham a estrutura de uma faculdade.

Atualmente, a situação é bem diferente. São necessários doze anos de escolaridade obrigatória antes de prestar exame vestibular e, nesta etapa, o aluno deve escolher entre um vasto elenco de cursos distintos. Só em três universidades brasileiras, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e a Universidade de São Paulo (USP) são oferecidos 124 tipos distintos de cursos que vão desde os tradicionais cursos de Medicina, Engenharia e Direito, até cursos como Oceanografia, Economia e Comunicação. Perante esta grande diversidade de cursos, surge a pergunta:

*Será que a escola atual é capaz de preparar seus estudantes de forma a permitir-lhes discernir com clareza o curso universitário que condiz com sua vocação?*

### **O conceito de "uma educação básica sólida"**

Durante muitos séculos, a principal preocupação de educadores era a de ensinar os fundamentos das diversas áreas do saber, de forma a tornar o estudante capaz de lidar com qualquer situação em que sua capacidade intelectual se tornasse necessária ao longo de toda sua vida. A isto se chamava "uma educação básica sólida" e, até os últimos 150 anos, os ensinamentos necessários para alcançar este objetivo eram um pouco mais do que exigimos atualmente de nossos jovens ao fim do ciclo escolar básico e podiam ser ministrados por dois ou três professores. Uma das principais características desta educação era a sua imutabilidade. Os conceitos adquiridos na mocidade permaneciam válidos ao longo de toda vida, uma vez que, até o início do século XX, o crescimento do saber era muito lento e, em paralelo ao saber, a variação dos costumes sociais estabelecidos era também muito lenta. A noção de "educação básica sólida", tal como foi concebida por muito tempo, não é mais condizente como a situação esquematizada na Figura 3 (mostrada na proposta pedagógica). Torna-se difícil selecionar, dentro do vasto repertório de informações disponíveis, quais as mais

importantes para a vida adulta do estudante. Além disto, o caráter estável do conhecimento desapareceu e torna-se difícil avaliar a duração dos conceitos atuais e qual será a estrutura da sociedade que um jovem estudante dos dias de hoje irá vivenciar ao chegar à idade adulta. Apesar destes fatos, nos conselhos que decidem os rumos do ensino e entre educadores, ainda se discute qual currículo é necessário adotar para "*uma educação básica sólida*" nos moldes clássicos, sem levar em conta o rápido avanço do conhecimento e a mudança dos conceitos e dos costumes a ela associados.

### **O descaso com a pesquisa em educação**

Pesquisa-se muito pouco em educação em todo o planeta. Esta provavelmente é uma das principais causas da grande discrepância existente entre a produção do saber e a forma como é transmitido. A busca de novas formas de ensinar costuma se limitar às faculdades de educação. As atuais noções de pedagogia desenvolvidas nessas faculdades aplicam-se, em geral, ao ensino escolar e não podem ser aplicadas com igual eficácia a todas as áreas do saber e em todos os níveis da educação, desde a escola até a pós-graduação. Tais tarefas poderiam ser compatíveis antes da explosão do saber, mas atualmente é imenso o volume das informações que surge a cada ano. Tornou-se, portanto, necessário que em cada especialidade os professores desenvolvam uma pedagogia também especializada, que torne acessível o conhecimento de sua área de concentração não só aos alunos que frequentam cursos de sua especialidade, mas também aos estudantes de áreas correlatas. Claro está que a pedagogia ideal seria aquela que permitisse entender com clareza os conceitos básicos de todas as áreas do saber. Tal pedagogia, porém, requer que se desenvolva uma nova forma de lidar com o excesso de informações, permitindo a um grupo pequeno de professores entender todos os conceitos básicos de todas as áreas do saber. Esta nova maneira de analisar o que se tem na biblioteca, porém, ainda não foi descoberta. Neste ínterim, convém que consigamos transmitir da melhor forma possível os novos conceitos enclausurados no enorme volume de trabalhos científicos publicados a cada ano, em cada especialidade.



## A arte de resumir

No ensino, a dificuldade de transmitir o conhecimento disponível aos jovens tornou-se dramática após a explosão do saber. Na Figura 4 (mostrada na proposta pedagógica) a pilha de revistas ao lado do professor corresponde aos exemplares publicados no ano de 1994 por uma única publicação de Bioquímica, *The Journal of Biological Chemistry*, mencionada anteriormente. Em uma das mãos, o professor segura um livro texto de Bioquímica editado em 1996, adotado em cursos da universidade. Em princípio, o livro texto deveria resumir tudo o que sabemos de Bioquímica, isto é, todas as noções novas descritas na pilha de revistas de 1994 e em muitas dezenas de outras pilhas semelhantes publicadas nos anos anteriores. A comparação torna evidente que o texto obrigatoriamente deverá ser muito superficial e seguramente incompleto. Apesar disto, o volume de informações que está contido no livro texto ainda é muito grande para o estudante. Em cada semestre, o estudante universitário deve cursar quatro ou cinco matérias distintas, isto é, no período de três a quatro meses de aula, ele terá que assimilar o conteúdo de pelo menos quatro ou cinco livros de espessura semelhante ao da Figura 4 (mostrada na proposta pedagógica). Além do estudo e das aulas, espera-se que o estudante gaste parte do tempo estagiando com um profissional de sua área para familiarizar-se com a parte prática de sua profissão, que dedique algum tempo à cultura geral – música, literatura etc. – e que, além disto, não se esqueça de ser jovem: que se encontre com amigos, namore, pratique algum esporte, enfim, que não mutile aquele pedaço mágico de nossa vida, a juventude. Isto tudo é cada vez mais uma tarefa impossível para a capacidade biológica do nosso organismo. Na prática, os estudantes do Ensino Médio e Universitário costumam selecionar algumas poucas matérias do curso – em geral as que julgam mais interessantes – para dedicar um número maior de horas ao estudo. Limitam-se a ler parte do livro texto, raramente se estendendo além deste para chegar até a pilha de revistas. Nas demais matérias, são obrigados a recorrer às apostilas, resumos sintéticos às vezes preparados por professores do curso. Na falta da apostila ou de qualquer resumo, recorrem ao caderno de notas de um colega. Há, em geral, um ou dois alunos do curso que assistem a todas as aulas e tomam nota de tudo com uma caligrafia cuidadosa, fácil de ler. Estes cadernos se tornam verdadeiras preciosidades que os colegas reproduzem em cópias xerox para estudar às vésperas das provas. Não poucas vezes essas notas são utilizadas por estudantes das turmas



dos dois ou três anos subseqüentes. Devido à impossibilidade física de consultar as fontes originais, há, portanto, uma espécie de retorno ao passado, a épocas anteriores à descoberta da imprensa, e os estudantes que tomam anotações em cadernos se assemelham aos escribas de antigamente, que registravam, com a melhor caligrafia, todos os ensinamentos dos sábios para que, mais tarde, outros pudessem conhecê-los. Exemplos desta prática são as cópias dos discursos de Platão feitas por seus discípulos, que costumavam comercializá-las, alugando-as ou vendendo-as a outros estudantes. Atualmente, o livro texto representa uma supersimplificação do conhecimento descrito nas revistas especializadas. As apostilas, por sua vez, são um resumo do livro texto, e o caderno de notas um resumo do que o professor disse na sala de aula. Nesta cadeia de simplificações, são muito grandes as chances de ocorrerem erros conceituais graves. Talvez a sala de aula seja o elo da cadeia onde esses erros surjam com maior frequência, uma vez que nem sempre o que está escrito no livro texto é de fácil compreensão e, por outro lado, nem sempre o aluno entende corretamente o que o professor tinha em mente na sua aula. Este conjunto torna-se crítico se o aluno for um dos que registram tudo em seu caderno para a leitura dos colegas. Estes aspectos precisam ser analisados e debatidos.

Nota:

Professor Titular de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Autor de *O método científico*, com ilustrações de Diucênio Rangel (Edição do Autor). Consultor desta série.

## AS DIVERSAS VISÕES DA MATEMÁTICA

### *Sobre a Matemática* <sup>1</sup>

*Valdenberg Araújo da Silva* <sup>2</sup>

#### **1. O que é Matemática ?**

Podemos dizer, de maneira simplificada, que a Matemática é a área do conhecimento que estuda os padrões e as estruturas, bem como a lógica, a análise, as deduções e os cálculos dentro desses padrões e estruturas. Quando os padrões que buscamos são encontrados, de uma maneira geral, em muitas áreas da ciência e da tecnologia, a matemática desses padrões pode ser usada para explicar e controlar situações e ocorrências.

A Matemática é um campo do conhecimento em que os problemas podem ser considerados coisas interessantes. Outro objeto de interesse da área são as demonstrações, ou provas. Por demonstração, entende-se um desenvolvimento formal por meio do qual, partindo de um conjunto de axiomas ou de fatos previamente aceitos como verdadeiros, chegamos, através de passos lógicos, a uma conclusão. Para os físicos e biólogos, as verdades devem ser estabelecidas mediante experimentações e observações mas, para os matemáticos, as verdades dos seus campos são confirmadas pelas demonstrações.

Podemos também fazer uma divisão da Matemática em:

a) Matemática estrutural: cujos principais resultados são os teoremas e provas.

Vejamos um exemplo de uma demonstração matemática:

Teorema: Existem números irracionais  $x$  e  $y$ , tais que  $x^y$  é racional.

Prova:

Façamos  $x = y = (2)^{(1/2)}$ . Teremos:

1º. caso:  $((2)^{(1/2)})^{((2)^{(1/2)})}$  é racional. Nesse caso, o teorema estará provado.

2º. caso:  $((2)^{(1/2)})^{((2)^{(1/2)})}$  é irracional. Nesse caso, elevando tudo à raiz de 2, teremos um valor igual a 2, que é racional.

Dessa forma, provamos o teorema. Contudo, pela prova feita, não garantimos que  $((2)^{(1/2)})^{((2)^{(1/2)})}$  é ou não racional.

b) Matemática algorítmica: cujos resultados são algoritmos e sua análise.

Por exemplo: Os problemas da área da Matemática conhecida como Otimização.

Também podemos dividir a Matemática em:

Matemática Contínua (cálculo diferencial e integral, as equações diferenciais, etc.) e a

Matemática Discreta (teoria dos números, análise combinatória, a teoria dos grafos, dentre outras).

## 2. Natureza do trabalho do matemático

Os matemáticos usam as teorias matemáticas, técnicas computacionais, algoritmos e as tecnologias da época (computadores, por exemplo) para resolver problemas econômicos, científicos, de engenharia, de física, de biologia, de negócios e outros. As atividades dos matemáticos são de dois tipos:

Matemáticos teóricos (ou puros): que fazem avanços no conhecimento matemático, descobrindo relações previamente desconhecidas entre os princípios matemáticos existentes.

Matemáticos aplicados: que usam as teorias matemáticas, tais como a modelagem matemática e os métodos computacionais, para resolver problemas práticos de engenharia, de negócios, governamentais, da física, da ciência da vida, das ciências sociais, etc.

### **3. Que Matemática todos devemos saber?**

Temos observado que, em geral, os estudos de Matemática no Ensino Fundamental e Médio não atendem aos desafios do mundo em que vivemos. Os desdobramentos desse fato podem ser constatados quando se necessita do conhecimento básico dessa ciência no cotidiano. Por exemplo, numa simples partilha em que a cada um dos beneficiários cabe um valor, os advogados contratam uma consultoria para esse fim. Uma mera divisão aritmética torna-se assunto de “especialistas”.

Há uma calculadora financeira muito famosa no mercado, para a qual existem cursos, cujo objetivo é a leitura de um manual auto-explicativo, que trata de cálculos elementares de juros simples e compostos. Um cidadão que tenha concluído o Ensino Médio seria capaz de entender o manual e a Matemática nele constante, sem muito esforço.

Nas áreas científicas, como as denominadas Ciências da Vida, a simples confecção de um gráfico linear torna-se um assunto da mais alta complexidade. Enfim, a falta dos fundamentos da Matemática básica tem dificultado não só o desempenho de muitos profissionais, como também comprometido o avanço das diversas áreas do conhecimento. Não há muita novidade nos assuntos úteis para o cidadão não matemático. O programa da Matemática clássica, bem ensinado, permite calcular uma porcentagem, fazer um cálculo de juros simples para aproximar o composto, calcular a área de um terreno, somar frações ou fazer e interpretar um gráfico, que são coisas úteis, constantes do programa do Ensino Médio e Fundamental.

#### 4. Novas áreas de aplicação da Matemática

A área mais tradicional e de maior sucesso de aplicação da Matemática é a Física. O principal da Matemática que a Física utiliza é a análise matemática. Nas pesquisas modernas, muitas ferramentas diferentes da análise matemática se tornaram necessárias.

Por exemplo, na Biologia, a tentativa do entendimento do código genético é um problema discreto: questões simples, como achar padrões de emparelhamentos (*matching*), ou traçar as conseqüências das formas sobre subcadeias, são mais um ramo da teoria dos grafos do que das equações diferenciais. Mesmo na Física, as estruturas discretas são encontradas: partículas elementares, quarks e outros são estruturas combinatórias.

A Matemática é, antes de tudo, uma das tecnologias mais importantes hoje em dia. Os computadores modernos não poderiam existir sem o sistema de numeração binário de Leibnitz. Einstein não poderia formular a sua teoria de relatividade sem o desenvolvimento da Geometria Riemanniana. A Mecânica Quântica e a Cristalografia não poderiam ser desenvolvidas sem a teoria dos grupos. Todos os dias a aritmética e os gráficos são utilizados pelo cidadão comum (aspecto elementar). Ele não sabe que as equações de Maxwell estão presentes até na energia elétrica.

Até mesmo na Tomografia computadorizada a Matemática se faz presente, por meio da geometria integral. A lista de aplicações e de possibilidades da Matemática é inesgotável.

Em áreas como o Direito, a Matemática abre novas perspectivas. “O comportamento estratégico ocorre sempre que dois ou mais indivíduos interagem e a decisão de cada indivíduo depende daquilo que ele espera seja a reação dos outros”.

Com esta frase, BAIRD, GERTNER e PICKER definem o objeto de *Game Theory and the Law* como a análise do comportamento estratégico, enquanto componente fático do estudo do jurídico. Para os autores: “A doutrina jurídica reconhece há muito a necessidade de ter em

conta o comportamento estratégico. Demasiadas vezes, porém, ela não tem tirado partido das técnicas formais da Teoria dos Jogos para analisar o comportamento estratégico, senão para invocar um jogo simples, como o dilema do prisioneiro, enquanto metáfora de um problema de ação coletiva. (...) Esta incapacidade de dar melhor uso à Teoria dos Jogos é de lamentar, dado que a moderna Teoria dos Jogos é suficientemente poderosa para iluminar o modo como as normas jurídicas afetam o comportamento das pessoas. O desafio colocado é o de aplicar as suas técnicas altamente especializadas, muitas das quais desenvolvidas apenas na última década, a um novo objeto”.

As citações acima constam de um livro de grande importância para o direito moderno, denominado *Game Theory and the Law*.

As técnicas da Teoria dos Jogos permitem modelar as interações entre indivíduos, em que se levantam problemas estratégicos e, assim, discernir qual o papel que desempenham as normas jurídicas vigentes e quais os resultados de uma alteração do quadro jurídico em que se movem. Isto não significa, porém, que a análise jurídica do comportamento estratégico se reconduza à mera definição de "regras de jogo", que enquadre a prossecução do interesse individual. A dimensão valorativa define quais os resultados que pretendemos atingir.

**Quadro ilustrativo relacionando as áreas da Matemática com as aplicações em Farmácia, Medicina, Veterinária e Biologia**

MATEMÁTICA	APLICAÇÕES EM FARMÁCIA, MEDICINA, VETERINÁRIA E BIOLOGIA
Análise de dados, Estatística Matemática e cálculo das Probabilidades	Todo trabalho deve ser apresentado com a terminologia estatística (= bioestatística).
Pesquisa Operacional e técnicas de otimização	Problema da dieta; Problemas de gestão (hospitais e indústrias farmacêuticas).
Equações diferenciais ordinárias, Cálculo das variações, Teoria do controle ótimo	Farmacocinética, Relação entre doses e efeitos; Terapêutica ótima; Radioterapia.
Equações diferenciais ordinárias, Equações integrais, Equações de derivadas parciais, Modelos de difusão	Endocrinologia e metabolismo; Sistema circulatório; Cardiologia; Rins artificiais; Difusão de oxigênio em tecidos vivos; Dinâmica do fluxo arterial; Biomecânica; Dinâmica das populações.
Análise de Fourier, de Radon. Funções especiais. Espaços de Sobolev.	Processamento de imagens; Tomografia computadorizada; Medicina nuclear.
Combinatória, Topologia, Diferenças finitas, Teoria dos grupos	Genética; Estrutura do ADN.

## **5. O ensino da Matemática na Educação Básica**

Acreditamos que a Matemática deva ser ensinada instruindo o aprendiz no pensamento e procedimentos matemáticos. Para os mais vocacionados, devemos trazer a Matemática da época, em diversos níveis de conhecimento. Ênfase deve ser dada na resolução de problemas estimulantes, e muito disso se encontra na geometria. A pouca ênfase dada à geometria na escola pode diminuir o interesse pela Matemática. Trabalhar com as incertezas (probabilidades) deveria ser algo do cotidiano do Ensino Fundamental e Médio. O cálculo combinatório é um assunto que deve estar sempre presente na escola.

## **6. A nossa experiência**

Temos observado que a maioria dos estudantes tem optado por carreiras em que as oportunidades de melhores e mais estáveis empregos são oferecidas, ou cujos cursos são considerados menos desafiadores. Carreiras que outrora eram de pouco interesse têm tido hoje uma grande preferência por partes dos estudantes. O interesse científico tem diminuído nos alunos mais jovens. Dessa forma, os alunos saem malformados nas áreas científicas e, sabedores desse fato, escolhem os cursos cujas provas são mais afins com o que aprenderam, isto é, quase nada.

No projeto que desenvolvemos em Sergipe, temos observado que os nossos alunos têm apresentado essas características:

- Conseguem em um ano e meio um nível de conhecimentos capaz de iniciar um mestrado e, posteriormente, o doutorado em Matemática.
- Transitam em diversas áreas da Matemática. Trabalham, simultaneamente, em duas ou três áreas da Matemática.



- Durante os estudos cursam mais de três cadeiras nos cursos de pós-graduação. A maioria, após o primeiro semestre, faz quatro ou cinco matérias com bom desempenho.
- Sempre optam pelas carreiras científicas de Matemática, Física ou Engenharia. Pelas nossas estimativas, menos de 1% opta por outras áreas distintas das mencionadas.

Estou mencionando os alunos na faixa de idade dos 12 aos 16 anos. Trabalhamos também com alunos da universidade, estes já na faixa de idade de 19 a 22 anos. As dificuldades para eles são maiores do que para os mais novos.

Sugerimos, portanto, que estes temas sejam motivo de maiores reflexões por parte dos professores.

#### Notas:

Nesse texto, o Prof. Valdenberg Araújo da Silva comenta alguns aspectos relativos ao trabalho com a Matemática no Ensino Fundamental e Médio e apresenta sugestões para os professores, a partir de sua experiência no Departamento de Matemática – UFS. Este texto pode ser o ponto de partida para as discussões e reflexões sobre as relações da Matemática com as diversas áreas do conhecimento, como por exemplo a Arte, tema que será abordado ao longo do segundo programa “ao vivo” da série.

<sup>2</sup> Professor da Universidade Federal de Sergipe – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – Departamento de Matemática – UFS.

## INTERAÇÃO ENTRE CIENTISTAS E ESCOLAS

*E. W. Hamburger<sup>1</sup>*

### 1. Níveis de Ensino

As Ciências podem ser importantes desde as primeiras séries da escola fundamental, pois representam uma ligação dos homens e mulheres com a natureza e com a sociedade. Classificamos os níveis de ensino:

I) Superior;

II) Médio;

III) De 5<sup>a</sup>. a 8<sup>a</sup>. série do Ensino Fundamental (antigo ginásio);

IV) Pré-escola e 1<sup>a</sup>. a 4<sup>a</sup>. série do Ensino Fundamental (antigo primário).

As Universidades e Institutos de Ensino Superior se preocuparam, até recentemente, quase só com os itens I a III, e formavam professores para estes níveis, em que há docentes especialistas em ensino de ciências. Em cada nível, há necessidades específicas.

Hoje, há um movimento mundial, apoiado pelas Academias de Ciências de muitos países, para que o ensino de ciências ocorra desde o início da escolarização (item IV), juntamente com a alfabetização e a aritmética elementar. Nesta etapa da escolaridade, o(a) professor(a) na classe é um(a) só e, em geral, tem pouca ou nenhuma formação científica.

## **2. Professores, alunos e outros atores**

Os cientistas podem interagir diretamente com i) os alunos; ii) os professores; iii) os coordenadores pedagógicos; iv) a diretoria da escola; v) a comunidade de pais e amigos da escola; vi) os funcionários da escola; vii) vários destes segmentos ou, ainda, com viii) órgãos superiores da Secretaria da Educação do Estado ou Município. Em geral, o contato mais importante para influenciar o ensino de ciências são os professores e alunos (ii e i); entretanto, nenhum dos outros atores citados pode ser desprezado. Mudanças significativas no funcionamento de uma disciplina ou da escola dependem de todos eles.

## **3. A escola**

A escola é uma instituição complexa, que depende de todos os atores acima e ainda da política educacional, dos recursos financeiros e materiais existentes, do ambiente político-administrativo, do nível de violência do bairro e, particularmente, dos alunos e de ocorrências administrativas freqüentemente imprevistas, tais como transferências ou aposentadorias de professores, greves de professores, ou funcionários, ou alunos, etc.

É importante que o papel e as dificuldades da escola e da educação sejam compreendidos pela sociedade e pelos cientistas.

Por exemplo, um professor adotar ou não uma metodologia inovadora em classe depende de uma série de fatores, tais como: a) o ambiente da escola quanto a inovações, principalmente entre todos os professores; b) interesse e disposição dos alunos; c) interesse, conhecimento e capacidade do professor; d) atitudes dos pais e dos outros membros da comunidade escolar; e) apoio da diretoria, da coordenação pedagógica, da Secretaria de Educação; f) existência de materiais pedagógicos para alunos e professores; g) condições de trabalho do professor; h) apoio técnico, condições materiais e de organização da escola; i) se a metodologia exige muito esforço adicional do professor ou da escola; etc.

#### 4. Cientistas e escolas no Brasil

Cito algumas ações, durante os últimos 50 anos, com ênfase em Física, em São Paulo. No início dos anos 1950 já havia, na comunidade científica, idéias claras de que o ensino de ciências no Brasil era livresco, bacharelesco, mais “decoreba” do que compreensão.

No início dos 1950, os jovens cientistas José Leite Lopes (recentemente falecido) e Jayme Tiomno voltaram dos EUA, onde realizaram seus estudos e trabalhos de doutoramento, para o Rio de Janeiro, e logo traduziram o livro didático de Física para o Ensino Médio do autor norte-americano Blackwood, que enfatizava aspectos experimentais e a compreensão de conceitos. Os livros didáticos brasileiros da época eram considerados muito longe da realidade.

Antes disso, o jovem físico Mário Schenberg publicara, ainda nos anos 1940, na época em que fez concurso para a cátedra de Mecânica Celeste e Superior da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, um livro didático de Física para o 1º. ano do Ensino Médio. O professor de Matemática de pseudônimo Malba Tahan publicou no Rio, nos anos 1940, obras de divulgação, como *O homem que calculava*.

Em 1955, era fundado, pelo químico Isaias Raw e outros cientistas, o IBECC – Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura, ligado à UNESCO e ao Itamaraty (Ministério de Relações Exteriores), que teve papel importante ao fomentar a inovação no ensino de ciências, com ênfase em realização de experimentos em classe, por alunos e professores.

Nos EUA existia um movimento semelhante, que veio a dar no *Physical Science Study Committee – PSSC*, em 1956. O lançamento do primeiro satélite artificial Sputnik, pela União Soviética, em 1957, fez com que o governo norte-americano financiasse generosamente a renovação do ensino de ciências. Apoiou o PSSC e outros projetos curriculares em outras ciências: *IPS* (introdução às Ciências Físicas), *CBA* (Química), *Harvard Project Physics*, *BSCS* (Biologia), entre outros.

No Brasil, o PSSC foi traduzido alguns anos depois, e houve cursos de capacitação para professores. Assim como nos EUA, o PSSC revelou-se difícil demais para a maioria de professores e alunos do Ensino Médio no Brasil, e o projeto teve penetração limitada. Entretanto, esse movimento influenciou livros brasileiros posteriores, como o de Beatriz Alvarenga e Antonio Máximo nos anos 1965, e mais tarde, projetos como PEF – Projeto de Ensino de Física (USP), FAI – Física Auto-Instrutiva (ex-alunos da USP), Ciência Integrada (IBECC/CECISP) e outros. Esses projetos se referiam quase todos ao Ensino Médio, e alguns a 5ª. a 8ª. séries do Ensino Fundamental. Para 1ª. a 4ª. série, conheço livros de Ciências de Osvaldo Frota Pessoa e Rachel Gevertz, publicados alguns anos mais tarde.

Os movimentos inovadores se localizavam nas universidades públicas, onde havia cientistas, mas que formam, até hoje, só pequena fração dos professores das redes escolares públicas. A maioria dos professores de escola, formados em faculdades onde não há pesquisa, não realizam experimentos e não adotam os novos currículos, que exigem, em geral, esforço adicional.

As sociedades científicas têm se preocupado com os estudantes e as escolas. A Sociedade Brasileira de Matemática, SBM, organiza a Olimpíada de Matemática, que atinge milhões de participantes. A SBF, de Física, publica duas revistas dedicadas ao ensino e organiza uma Olimpíada; em Astronomia há uma sociedade toda dedicada ao ensino, SBEA, além da SBA, que também atua na educação. Em química, a SBQ é ativa, assim com a SBPC – Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência nas ciências em geral; a Academia Brasileira de Ciências, ABC, tem um programa para a escola fundamental (ver a seguir).

## **5. Escola Primária (1ª. a 4ª. Séries)**

O ensino de ciências nas primeiras séries escolares (e mesmo na pré-escola) recebeu impulso nas últimas décadas, culminando com o apoio das Academias de Ciências do mundo a projetos denominados Ensino de Ciências Baseado na Investigação ou ECBI (em inglês *Inquiry Based Science Education – IBSE*). As idéias básicas são antigas, mas o movimento recente se iniciou com o currículo *Insights* desenvolvido no *Education Development Center* –

*EDC* em Boston, EUA, por Karen Worth et al. nos anos 1990. As idéias, também designadas *Hands On*, foram adotadas por Leon Lederman et al. em Chicago, pelo *National Science Resource Center* da *National Academy of Sciences*, em Washington, e outros grupos. Na França, pela *Academie des Sciences* de Paris e, posteriormente, pela organização mundial das Academias de Ciências, o *Inter Academy Panel*, *IAP*.

No Brasil, o programa ABC na Educação Científica – Mão na Massa<sup>2</sup> tem o apoio da Academia Brasileira de Ciências – ABC e existe desde 2001 em São Paulo e Rio de Janeiro, e mais recentemente em outros estados. Visa introduzir o pensamento e experimentos científicos desde as primeiras séries, em paralelo com a alfabetização e a aritmética elementar. Está em fase de implantação em cerca de 15 cidades. Em São Paulo e São Carlos, no estado de São Paulo, e no Rio de Janeiro, já atinge maior número de escolas.

Observa-se, no Brasil e em outros países, que as ciências, se introduzidas nas primeiras séries com experimentos e muita discussão e registro escrito antes e depois da realização, ajudam e facilitam a expressão oral e escrita (alfabetização) e aritmética (contas).

O programa é baseado na capacitação de professores de escolas que desejam implementá-lo. São professoras que, em geral, não conhecem ciências e têm receio de realizar experimentos em classe. Verifica-se no Brasil, assim como nos EUA e França, que uma professora, mesmo que experiente, só se sente segura na aplicação do programa após alguns anos de capacitação e acompanhamento, contando com cerca de cem horas de aula de capacitação, além de reuniões de discussão e material de apoio. Podemos comparar esta capacitação a um mestrado, no que se refere ao esforço exigido da professora. Entretanto, diferentemente do mestrado, ela não recebe promoção na carreira devido a esse esforço.

## **6. Divulgação Científica e Centros de Ciência**

Os professores de Ciências podem ser muito auxiliados pela Divulgação Científica, que pode se dar por meio de Livros, Revistas, Jornais, Vídeos, Filmes, Diapositivos, Internet, Multimídia, TV, Rádio, Teatro, Centros e Museus de Ciências, Palestras, Congressos, Cursos,

etc. Todas essas modalidades existem no Brasil, e crescem ao longo dos anos, embora ainda sejam insuficientes em face da fome de conhecimento que existe no país.

Leite Lopes organizou, no Rio de Janeiro, palestras sobre assuntos científicos, ministradas por ele e outros cientistas, em escolas – em geral, escolas de Ensino Médio. Programa valioso, mas que não chegou a atingir a maioria das escolas.

Nem todos os cientistas sabem falar para o público leigo, nem para professores e estudantes das redes escolares. “É uma habilidade que a pessoa adquire a partir de um aprofundamento de seu conhecimento especializado, no sentido de aumentar a sensibilidade filosófica e epistemológica do cientista. É necessário ampliar sua cultura e sua postura para se abrir numa atitude dialógica. Saber ouvir e compreender o pensamento de seu ouvinte exige conhecimentos profundos da própria ciência, de suas origens, da evolução e amplitude de seus significados na linguagem científica, a fim de favorecer o acoplamento com o pensamento do interlocutor. E saber passar para os professores essas dimensões do conhecimento”<sup>3</sup>.

Para a divulgação científica, é necessário, sempre, nas explicações, partir do conhecimento que o ouvinte já tem, e construir a partir desse patamar. Não adianta imaginar o que o outro “deveria saber”.

A mídia impressa hoje cobre razoavelmente bem os assuntos científicos, tanto em jornais, como em revistas e livros, cada vez mais comuns. Existem boas revistas especializadas em divulgação científica, inclusive para os primeiros ciclos do Ensino Fundamental (*Ciência Hoje das Crianças*). Na mídia eletrônica – Rádio e TV – há ainda pouca divulgação. Seria de se esperar que a pujante televisão brasileira produzisse mais educação científica. Na Internet, surgem sítios dedicados ao tema, mas ainda poucos; programas multimídia poderiam ser mais explorados.

Em teatro e vídeo, há produções universitárias como as de Leopoldo de Meis e colaboradores na UFRJ, de Marcus Vale e colaboradores na UFCeará, a companhia profissional Arte e Ciência no Palco (Carlos Palma e Oswaldo Mendes), peças do núcleo de teatro da Estação

Ciência da USP, o Show da Física no Instituto de Física da USP, que incentivam querer saber mais.

O número de Centros e Museus de Ciências e suas atividades têm aumentado nos últimos anos, mas estão longe de atender a toda a clientela potencial. São ainda menos de cem em todo país.

## **7. Formação do Professor – Licenciatura e Bacharelado**

O papel do cientista é capital na formação do professor para o Ensino Fundamental e Médio. Ele é que deve transmitir aos futuros professores o que é ciência, isto é, o que é pesquisa científica. A Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, quando fundada em 1934, tinha explicitamente as duas funções: formar pesquisadores que produzissem novos conhecimentos (Bacharelado), e formar professores para transmitir conhecimentos nas escolas (Licenciatura). A justaposição dos dois objetivos na mesma Faculdade garantia aos futuros professores conhecimentos de ciência comparáveis aos dos futuros pesquisadores. A Licenciatura consistia, em geral, do Bacharelado acrescido de matérias pedagógicas (Psicologia e Didática).

Entretanto, em 1968, os currículos dos dois cursos foram diferenciados desde o 3º. ano da Faculdade, e nos anos 1990 foram separados desde o exame vestibular e o 1º. ano. O conhecimento de ciência do Licenciado (futuro professor) foi muito diminuído, comparado com o Bacharel. Os cientistas passaram a influir menos na Licenciatura: foi uma perda. O futuro professor precisa ser exposto à forma de se aproximar da ciência de um pesquisador.

A formação da maioria dos professores ocorre em Faculdades isoladas, particulares, onde não há pesquisa, agravando a situação. Dificilmente os formados conhecem as ciências o suficiente para ensinar bem. Além disso, há um enorme déficit de professores de Matemática e de Ciências Naturais. Em recente reunião da SBF e MEC, houve estimativas do déficit de professores de Física de cerca de 50.000 (cinquenta mil) para o ano 2010, e outras, mais otimistas, de cerca de 20.000. O ritmo atual de formação de licenciados em Física no país é de



menos de 800 por ano (dado da Sinopse Estatística do INEP/MEC, de 2003): serão necessárias algumas décadas para zerar o déficit.

## 8. Conclusão

A formação e a valorização do professor são essenciais para a melhoria da educação e, em particular, da educação científica, no país. Para a difusão da cultura científica será necessário elevar o nível de qualidade dos cursos de licenciatura, e o número de formados, especialmente nas universidades públicas. Ao mesmo tempo, uma valorização da profissão, salários para que os professores ministrem menos aulas e se dediquem mais a cada classe, e uma melhora nas condições de organização e materiais das escolas.

É necessário aperfeiçoar os cursos de licenciatura e produzir materiais educacionais de melhor qualidade. Ao mesmo tempo, é importante a ação junto às escolas para introduzir assuntos de ciência contemporâneos, para esclarecer assuntos antigos difíceis e para que exista um elo de ligação e de atualização dos professores com a pesquisa.

### Notas:

Pesquisador de Física Nuclear, professor titular aposentado da Universidade de São Paulo, membro da Academia Brasileira de Ciências, membro da Ordem Nacional do Mérito Científico. Coordena o programa ABC na Educação Científica - **Mão na Massa**, para ensino de Ciências desde a primeira série do Ensino Fundamental.

<sup>2</sup> Sou coordenador deste programa pela ABC – Academia Brasileira de Ciências.

<sup>3</sup> Formulação de Amélia Império Hamburger.

## INTERAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADE E ESCOLAS

### Interação universidade e escola – diferenças regionais?

*João Batista Teixeira Rocha*<sup>1</sup>  
*Cristovam Wanderley Picanço Diniz*<sup>2</sup>  
*Paulo Sérgio Lacerda Beirão*<sup>3</sup>

Nos últimos dois séculos, os avanços científicos e tecnológicos, gerados principalmente nos países desenvolvidos, causaram profundas modificações na qualidade de vida das pessoas e na relação entre as nações (De Meis, 1998). No que toca à educação, a produção massiva de novos conhecimentos desafia a educação tradicional como modelo efetivo de alfabetização científica e tecnológica (De Meis, 1998) e, no entanto, o modelo educacional predominante ainda é o tradicional. Atualmente, postula-se que para um país ter um desenvolvimento sustentável e harmonioso, será necessário educar cientificamente seus cidadãos (Lorenzetti e Delizoicov, 2001; Auler e Delizoicov, 2001). Este aspecto parece ser tão importante que os países da “Organisation for Economic Co-operation and Development” (OECD), em sua grande maioria países desenvolvidos, estão formulando um instrumento (“Programme for International Student Assessment” ou PISA) para avaliar o quanto seus jovens estão preparados para lidar com este mundo científico-tecnológico em constante modificação (PISA 2000, 2006). De particular importância, as avaliações em leitura, ciências e matemática dos estudantes brasileiros no PISA não são boas em todos os levantamentos feitos até o momento. Um aspecto extremamente relevante é que a avaliação do PISA não valoriza conteúdos memorizados, mas sim a habilidade de raciocínio e, também, se os indivíduos são capazes de continuar aprendendo durante suas vidas. De modo similar ao observado no PISA, o desempenho dos brasileiros no teste do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) foi preocupante, especialmente no que se refere ao desempenho dos estudantes das regiões Norte e Nordeste.

Portanto, o Brasil precisa melhorar o ensino de Ciências, Matemática e Português para que possa ter chance de alcançar um desenvolvimento sustentável dentro do quadro mundial.

Além disso, a situação das regiões Norte e Nordeste, observada na avaliação do SAEB, é um alerta para um problema adicional, que é o das diferenças regionais. Levanta-se a possibilidade de que este resultado possa estar relacionado ao nível socioeconômico destas regiões, uma vez que o desempenho dos estudantes, mesmo em países desenvolvidos, correlaciona-se positivamente com os respectivos níveis sociais (ver o resultado do PISA 2006). Portanto, além de ter que melhorar a qualidade do ensino como um todo, o país tem que levar em conta essas diferenças, para evitar que aumente o fosso educacional que separa as regiões. Além disso, a alfabetização científica não pode ser encarada apenas de um modo tecnicista, como se o desenvolvimento científico levasse automaticamente ao desenvolvimento social, mas deve ser vista como um modo de formar cidadãos críticos e capazes de entender o mundo onde estão inseridos, evitando assim a exclusão social.

As universidades brasileiras têm participado no sentido de tentar melhorar o ensino de Ciências. Devemos ressaltar aqui a proposta originalmente concebida pelo Prof. Leopoldo de Meis, do Instituto de Bioquímica da UFRJ, que visa aproximar quem faz ciência de quem ensina Ciências, por intermédio de cursos experimentais para professores e estudantes do Ensino Fundamental e Médio, nos quais se reconstroem fatos e descobertas das ciências biológicas. Atualmente, cerca 12 grupos estão trabalhando dentro dessa filosofia, envolvendo pesquisadores de universidades públicas e professores e alunos do Ensino Médio e Fundamental. Estes grupos estão distribuídos em diferentes estados (RJ, RS, SP, SC, PA, RN, PE, CE, MG, GO, RO, SE) e, apesar de existir o eixo comum (ensinar Ciências aproximando quem ensina de quem faz), as peculiaridades regionais são respeitadas e usadas no sentido de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais efetivo e adequado à realidade local. Portanto, pretendemos aqui discutir os aspectos centrais comuns e diferenças obtidas em três estados (PA, MG e RS).

Um aspecto já citado, e que é comum a todos os estados, é a questão da interação entre a pós-graduação com professores de Ciências e estudantes do Ensino Médio e Fundamental. Assim, por meio da interação entre programas de pós-graduação em Ciências reconhecidos pela CAPES com as escolas públicas, inicia-se uma nova proposta de ensino. A base da interação começa com Cursos Experimentais Baseados na Resolução de Problemas, e posteriormente se

desdobra na escolha de professores de Ciências e de estudantes de baixa renda e talentosos que vão estagiar nos laboratórios associados aos programas de pós-graduação envolvidos. Ao início de cada curso, os professores e estudantes são estimulados a propor questões que gostariam de ver respondidas. Durante o curso, essas questões são por eles investigadas experimentalmente, buscando sua solução, sob a orientação de pós-graduandos, pesquisadores e estudantes de graduação. Durante os cursos, esses instrutores atuam no sentido de estimular a capacidade de raciocínio e observação dos aprendizes, procurando despertar atitudes que são comuns aos cientistas no seu dia-a-dia, e sem fornecer respostas prontas. Assim, um dos grandes objetivos dos cursos é tentar resgatar a capacidade de observação dos estudantes e professores, atitude que se esteriliza com o passar do tempo, na escola padrão. Em relação aos estudantes, este objetivo é fortemente alcançado, pois independentemente da região, a curiosidade ainda está presente na maioria deles. Todavia, em relação aos professores, o quadro é mais difícil e há maior resistência em participar.

Um aspecto importante no que toca ao ensino de Ciências, bem como ao tipo de licenciado que as universidades têm formado, é a constante observação de que muitos dos professores, graduados em Ciências e supostamente familiarizados com as atitudes de um cientista, são alheios aos princípios básicos da atividade científica. Por exemplo, eles não têm noção de aspectos relativos a padrões ou controles na detecção qualitativa de alimentos, por métodos que utilizam mudanças de cor de um determinado reagente. Este aspecto chama a atenção para um dos mais sérios problemas no ensino de Ciências: o currículo das licenciaturas privilegia o excesso de informações avançadas e negligencia o elementar (Rocha e Soares, 2005). No Ensino Fundamental e Médio acontece o mesmo, o que acaba criando um currículo alienante. Além disto, fica evidente que durante a formação dos professores de Ciências, estes não vivenciam a ciência real, isto é, as licenciaturas são baseadas no estudo teórico de verdades absolutas e modernas da ciência, e as atividades práticas, quando presentes, servem apenas para confirmar estas verdades. Assim, o sistema de formação dos professores, realizado pela comunidade universitária, independentemente da região considerada, privilegia o “saber absoluto” (aquele dos livros textos), em detrimento do desenvolvimento de atitudes investigativas nos aprendizes (futuros professores).

A impregnação da escola de problemas da realidade na qual ela se insere pode ser de grande utilidade para transformá-la, torná-la mais atraente, mais útil aos seus cidadãos. Nesse sentido, talvez seja útil e interessante começar a olhar o mundo mais próximo, exatamente aquele que está ao alcance dos olhos, o macromundo visível, mais fácil de ser compreendido, o que podemos experimentar pela simples observação e redescoberta. Assim, por exemplo, o ensino de Ciências nas escolas da Amazônia pode se beneficiar largamente dos elementos naturais, das formas, cores e movimentos nos diferentes substratos como instrumentos motivacionais para o ensino. O desenvolvimento sustentado daquela região depende da apropriação sistemática do conhecimento, para substituir a agressividade no trato com os recursos naturais pela sofisticação inteligente, que permite desenvolver sem devastar. Para isso, precisamos capacitar para mudar a escola e iniciativas como essa são determinantes para tal. Entretanto, esse tipo de atividade precisa de recursos substantivos para ganhar escala, sem o que não se falará em desenvolvimento sustentável.

Portanto, embora as diferenças regionais devam ser consideradas (principalmente no que toca a melhores investimentos em determinadas regiões, como a Região Norte), o problema maior do ensino de Ciências é comum a todas as regiões. Assim, acreditamos que a execução sistemática de cursos experimentais baseados na resolução de problemas deva ser estimulada como forma de melhorar o ensino de Ciências no Brasil, tanto quanto como instrumento de divulgação da atitude investigativa, mas isto deverá ser conduzido por quem faz realmente Ciência no país, isto é, os programas de pós-graduação em Ciências. Cabe ao Poder Público, se realmente deseja alfabetizar cientificamente a população brasileira, criar programas de apoio a atividades inovadoras como esta concebida pelo Prof. Leopoldo de Meis. As licenciaturas devem incluir tais atividades em seus currículos, de tal modo que os professores em formação possam vivenciar, na prática, métodos alternativos ao ensino tradicional. Assim, talvez, consigam se libertar do potente estigma de que a função do professor é a de transmitir o saber e se libertar da própria academia que, na maior parte do tempo, passa transmitindo “saber” aos aprendizes. Talvez, assim, nas suas práticas educacionais futuras, venham a ensinar ciência de um modo mais próximo do que é a ciência real.

## Referências Bibliográficas

- Auler, D. & Delizoicov, D. (2001) *Ensaio - Pesq. Educ. Ciênc.*, Belo Horizonte, vol. 3, nº 2.
- De Meis, L. (1998) *Ciência e Educação – O Conflito Humano-Tecnológico*. Ed. do Autor.
- Lorenzetti, L. & Delizoicov, D. (2001) *Ensaio – Pesq. Educ. Ciênc.* Belo Horizonte, vol. 3. nº 1.
- PISA: os resultados de 2000, 2003 e 2006 podem ser obtidos em <http://www.pisa.oecd.org>).
- Rocha, J.B.T. & Soares, F.A. (2005) *O ensino de ciências para além do muro do construtivismo*. Cienc. Cult., 57, n. 4, p. 26-27.
- SAEB, resultados do SAEB de 2003, versão preliminar, Brasília, 2004. <http://www.inep.gov.br/download/saeb/2004/resultados/BRASIL.pdf>

### Notas:

Professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Química.

<sup>2</sup> Professor da Universidade Federal do Pará (UFPA) – Centro de Ciências Biológicas.

<sup>3</sup> Professor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Bioquímica e Imunologia.

## ARTE E CIÊNCIA

*Diucênio Afonso do Carmo Rangel<sup>1</sup>*

Não se sabe ao certo em que momento se iniciou nossa busca pelo entendimento do mundo que nos cerca, talvez despertada apenas pela curiosidade ou por necessidade de sobrevivência, ou ambos, não importa. O fato é que, de maneira diferente de outros animais, nós tentamos, desde os primórdios de nossa curta história de vida neste planeta, entender e explicar tudo aquilo que nossa visão alcança, indo até o limite daquilo que não percebemos apenas com os sentidos.

No princípio, interpretações mágicas, derivando explicações sobrenaturais e crenças em divindades, punham um ponto final nas dúvidas, numa época remota em que apenas este procedimento saciava nossa curiosidade. Foi também por essa época que começamos a registrar nossa percepção do mundo, no fundo de cavernas, em paredes de rocha, nas quais os seres eram representados por suas imagens pintadas, testemunhando nossa necessidade de registrar e tornar permanente os movimentos e a própria existência daqueles ali representados, ali “pintados”.

Se, por um lado, a observação dos fenômenos naturais, os rituais e as divindades tornavam a natureza mais próxima do entendimento, papel da Ciência, o registro pictórico desse mundo, dessa “realidade”, pode ser considerado o primeiro passo na direção do que hoje entendemos por Arte. Então ali, no fundo de uma caverna, rituais mágicos que faziam o fogo e outros para desenhar imagens foram a gênese da Ciência e da Arte, que são as maneiras próprias de nossa espécie para entender e expressar o mundo que nos cerca.

E saímos dessa caverna, desenvolvemos nossa cultura, construímos nossa sociedade num processo interminável, tendo sempre como coadjuvantes esses personagens aparentemente tão díspares, mas iguais em sua importância: o artista e o cientista.

Durante muito tempo, essas duas áreas do saber – ciência e arte – ainda não eram conhecidas por esses nomes, e em determinados períodos de nossa história o artista e o cientista se confundiam em suas identidades. O cirurgião já foi o “cirurgião-barbeiro”, o alquimista foi o antepassado do químico, e até pouco tempo toda Biociência era englobada sob o título de “ciências naturais”. A busca pelo entendimento da natureza continuava, mas aquilo que hoje chamamos de Ciência tinha vários nomes e diversas interpretações e muitas vezes se explicava a natureza como ela não é. No séc. XVII, em 1637, houve a publicação do *Discurso sobre o método*, de René Descartes (1596-1650), no qual o filósofo e matemático lança dúvidas sobre uma metodologia baseada somente na lógica e na observação e dá o primeiro passo para a consolidação do Método Científico, que viria a ser a base da Ciência moderna. Descartes procurou associar o pensamento matemático, em que a observação e a interpretação são legitimadas pela demonstração, numa nova filosofia que hoje aplicamos a qualquer área do fazer científico. A Ciência, como a conhecemos hoje, ganhava sua identidade.

Em um trabalho de pesquisa realizado há alguns anos em nosso laboratório, por Leopoldo de Meis e equipe, constatou-se que a imagem do cientista e a do artista são construídas a partir de preconceitos que surgem ainda na infância e que esses preconceitos geram estereótipos que acompanham os jovens e acabam por influenciar na hora da escolha de uma carreira. Nesta pesquisa, foram estudados desenhos de crianças entre sete e 11 anos, e até adolescentes, de vários países. Foi pedido a essas crianças e jovens que desenhassem um cientista. Na maioria dos desenhos, o cientista foi representado como sendo do gênero masculino, sempre cercado por vidrarias e, em vários desenhos, apresentava uma expressão maléfica ou enlouquecida. Foi feita também a pergunta “qual a diferença entre um cientista e um artista?” a estudantes recém-matriculados em faculdades de Medicina e Desenho Industrial, em seus primeiros dias de aula, nos Estados Unidos e Brasil. A mesma pergunta também foi feita a cientistas experientes e reconhecidos internacionalmente. As respostas dos estudantes revelaram que a idéia que se faz do cientista e do artista é totalmente equivocada se comparada com a idéia de experientes profissionais dessas áreas. Segundo a visão desses cientistas, tanto a lógica quanto a intuição, a emoção, são partes integrantes do fazer científico. Em suas respostas usaram termos como “instinto”, “intuitivo” e “belo”. Segundo Poincaré “O cientista não estuda a natureza porque ela é útil; ele a estuda porque nela ele se dedica e porque ela é bela”.



Já segundo as respostas dos estudantes (de ambas as áreas) o cientista é um sujeito “lógico”, frio, que faz seu trabalho sem emoção, guiado apenas pela técnica e pelo protocolo estabelecido, pelo método e pela lógica. Já o artista é diferente, segue a emoção, o “instinto”, tem liberdade para “criar” e não obedece a leis nem a técnicas preestabelecidas. Mas onde teria surgido esse estereótipo? Em que momento nos esquecemos de que ambas as atividades são praticadas por seres humanos, e que as atividades humanas não podem ser isoladas de seus atores, de seus praticantes, sendo, portanto, susceptíveis às emoções e a enganos e dúvidas, como toda atividade humana?

Caberia aqui também uma longa dissertação sobre o tema, mas o fato é que, ao percebermos a existência desses estereótipos, podemos fazer alguma coisa para dissolvê-los, para mostrar que essa visão é equivocada e prejudicial ao fazer científico, prejudicial ao desenvolvimento da pesquisa em todo o mundo, em particular em um país como o nosso, em que o analfabetismo científico anda de mãos dadas com o analfabetismo propriamente dito, com a miséria e o subdesenvolvimento em diversas áreas. Países do chamado primeiro mundo têm um avanço notável nas áreas científicas, mas em contrapartida têm uma população jovem reduzida. Já os países do chamado terceiro mundo, nós inclusos, têm uma população jovem crescente que não se volta para a carreira científica, e cujo acesso à universidade também é prejudicado por outros fatores de ordem social que conhecemos bem.

Um dos caminhos para mudar esse quadro talvez seja o da divulgação científica, mostrando uma outra face da Ciência que não afaste o jovem na hora da escolha de sua carreira, mas sim o atraia para a área da pesquisa.

Pensando dessa forma, desenvolvemos um projeto que traz artistas para o convívio diário com a pesquisa, no laboratório de Bioenergética do Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ. Esse convívio visa unir os dois pensamentos, da Arte e da Ciência, em alguns momentos em que essas atividades se igualam em suas buscas, para que dessa convivência surja uma linguagem desmitificante, reveladora, mostrando ao público, tanto ao leigo quanto aos estudantes, uma Ciência que é também emocionante, algumas vezes elegante e bela, mas também passível de erros, como toda atividade humana. O convívio entre artistas e cientistas nem sempre é fácil,

mas é sem dúvida profícuo. Arte e Ciência devem estar mais uma vez unidas, como estiveram há milhares de anos no fundo de cavernas ancestrais, buscando pontos em comum, brechas e pontes em suas linguagens tão particulares, para tornar o entendimento da natureza um bem comum a toda humanidade.

Nota:

Doutor em Química Biológica, na área de Educação, Gestão e Difusão de Ciência, pela UFRJ. Ilustrador e quadrinista.

Presidência da República

Ministério da Educação - MEC

Secretaria de Educação a Distância - SEED

## **TV ESCOLA SALTO/PARA O FUTURO**

Diretoria do Departamento de Produção e Capacitação em Educação a Distância

Coordenação Geral de Produção e Programação

Coordenação Geral de Capacitação

Supervisora Pedagógica

*Rosa Helena Mendonça*

Coordenadoras de Utilização e Avaliação

*Mônica Mufarrej e Leila Atta Abrahão*

Copidesque e Revisão

*Magda Frediani Martins*

Diagramação e Editoração

*Equipe do Núcleo de Produção Gráfica de Mídia Impressa*

*Gerência de Criação e Produção de Arte*

Consultor especialmente convidado

*Leopoldo de Meis*

Email: salto@tvebrasil.com.br

Home page: www.tvebrasil.com.br/salto

Av. Gomes Freire, 474, sala 105. Centro.

CEP: 20231-011 – Rio de Janeiro (RJ)

Agosto 2006